

w1347

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-169107

(43)Date of publication of application : 14.06.2002

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

(21)Application number : 2000-363262

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 29.11.2000

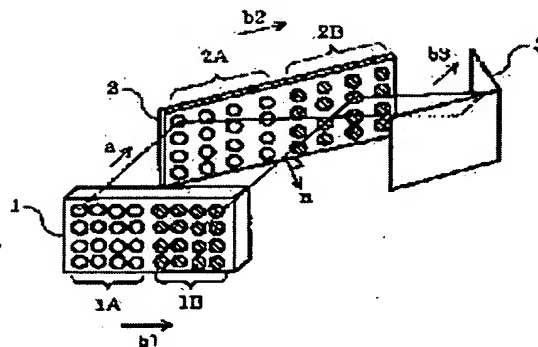
(72)Inventor : YAMAMOTO TAKESHI
AKASHI TAMOTSU
MORI KAZUYUKI
TOCHIO YUJI
TANAKA KAZUHIRO

(54) OPTICAL SWITCH USING TILT MIRROR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical switch using tilt mirrors which enable easy mounting of an optical component by simplifying the constitution and realize a short space propagated distance of an optical beam.

SOLUTION: This optical switch using tilt mirrors is provided with a collimator array 1 and a collimator array 2, in which the input part and the output part are arrayed and integrated, and a shift-type folding mirror 3, with which the optical path of incident light is shifted in a prescribed direction and the light is folded and emitted, and is constituted, in such a manner that the light which is made incident to the input part 1A of the collimator array 1 is reflected at the input part 2B of the tilt mirror array 2, is sent to the shift-type folded mirror 3 by changeover of the optical path, and the light which is shifted and folded by the shift-type folding mirror 3 is reflected at the output part 2B of the tilt mirror array 2 and is outputted from the output part 2B of the collimator array 1.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

w1347

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-169107

(P2002-169107A)

(43) 公開日 平成14年6月14日 (2002.6.14)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 26/08

識別記号

F I

G 0 2 B 26/08

テ-マコ-ト*(参考)

E 2 H 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-363262(P2000-363262)

(22) 出願日 平成12年11月29日 (2000. 11. 29)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 山本 毅

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 赤司 保

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100078330

弁理士 笹島 富二雄

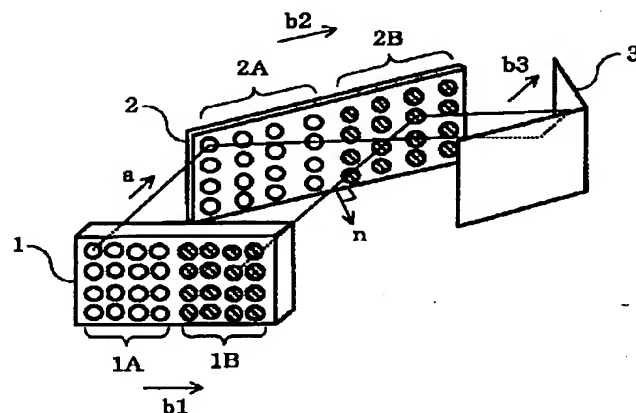
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ティルトミラーを用いた光スイッチ

(57) 【要約】

【課題】構成の簡略化により光学部品の容易な実装を可能にし、かつ、光ビームの短い空間伝搬距離を実現したティルトミラーを用いた光スイッチを提供する。

【解決手段】本発明のティルトミラーを用いた光スイッチは、入力部と出力部を並べて一体化したコリメータアレイ1およびコリメータアレイ2と、入射光の光路を所定方向にシフトし、かつ、折り返して出射するシフト型折り返しミラー3と、を備え、コリメータアレイ1の入力部1Aに入力された光が、ティルトミラーアレイ2の入力部2Bで反射され光路が切り換えられてシフト型折り返しミラー3に送られ、該シフト型折り返しミラー3でシフトされ折り返された光が、ティルトミラーアレイ2の出力部2Bで反射されてコリメータアレイ1の出力部2Bから出力される構成である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】複数の入力コリメータを配列した入力部および複数の出力コリメータを配列した出力部が同一平面内に並べて形成されたコリメータアレイと、
反射面の角度が制御可能な複数の入力ティルトミラーを配列した入力部および反射面の角度が制御可能な複数の出力ティルトミラーを配列した出力部が同一平面内に並べて形成されたティルトミラーアレイと、
入射光の光路を所定の方向にシフトし、かつ、折り返して出射するシフト型折り返しミラーと、を備え、
前記コリメータアレイの各入力コリメータから出射された光が、前記ティルトミラーアレイの対応する入力ティルトミラーで反射され光路が切り換えられて前記シフト型折り返しミラーに送られ、該シフト型折り返しミラーでシフトされ折り返された光が、前記ティルトミラーアレイの対応する出力ティルトミラーで反射されて、前記コリメータアレイの各出力コリメータからそれぞれ出力される構成としたことを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【請求項 2】請求項 1 に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、

前記ティルトミラーアレイは、前記入力ティルトミラーおよび前記出力ティルトミラーの各反射面が配列される平面の法線方向と、前記コリメータアレイの入力部から出射される光の伝搬方向とが非平行となるように配置されることを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【請求項 3】請求項 2 に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、

前記コリメータアレイは、前記ティルトミラーアレイについての法線方向と前記コリメータアレイの入力部から出射される光の伝搬方向とを含んだ基準平面に対して、入力部および出力部が並ぶ方向が平行になるように配置され、

前記ティルトミラーアレイは、前記基準平面に対して、入力部および出力部が並ぶ方向が平行になるように配置され、

前記シフト型折り返しミラーは、前記基準平面に対して、光路のシフト方向が平行になるように配置されることを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【請求項 4】請求項 2 に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、

前記コリメータアレイは、前記ティルトミラーアレイについての法線方向と前記コリメータアレイの入力部から出射される光の伝搬方向とを含んだ基準平面に対して、入力部および出力部が並ぶ方向が垂直になるように配置され、

前記ティルトミラーアレイは、前記基準平面に対して、入力部および出力部が並ぶ方向が垂直になるように配置され、

前記シフト型折り返しミラーは、前記基準平面に対して、光路のシフト方向が垂直になるように配置されることを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【請求項 5】請求項 1 に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、

前記シフト型折り返しミラーは、前記ティルトミラーアレイの入力部からの光を反射して光路をシフトさせる第 1 反射面と、該第 1 反射面からの光を反射して前記ティルトミラーアレイの出力部に折り返す第 2 反射面と、を有することを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信用の各種装置に適用される光スイッチに関し、特に、反射面の角度が制御可能な複数のティルトミラーを用いた空間光結合型の光スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】例えば、光クロスコネクト装置などの各種光通信用装置に適用される従来の光スイッチとしては、光ファイバを機械的に切り換える構成や導波路デバイスを用いた構成などが一般に知られている。しかし、このような構成の従来の光スイッチは数十チャネル程度の規模が限界であり、近年求められているような数千チャネルにもおよぶ大規模な光スイッチの実現には、新規技術の導入が必要である。

【0003】光スイッチの大規模化を実現するための 1 つの技術として、例えば、マイクロマシン (MEMS: Micro Electric Mechanical system) 技術を応用して作製したマイクロティルトミラーアレイを用いた空間光結合型の光スイッチの開発が進んでいる。具体的には、例えば、論文; D. T. Neilson et al., "Fully provisioned 112×112 micro-mechanical optical crossconnect with 35.8Tb/s demonstrated capacity," Optical Fiber Communications Conference (OFC 2000), Postdeadline paper PD-12, March 2000. や、国際公開公報 WO 00/20899 等で公知の光スイッチがある。また、MEMS によるマイクロティルトミラーに関しては、例えば、U. S. Patent Number: 6,044,705 号明細書等に記載された技術が知られている。

【0004】このような従来のティルトミラーを用いた光スイッチの基本構成は、例えば図 13 の斜視図および図 14 の上面図に示すように、入力コリメータアレイ 51A、出力コリメータアレイ 51B および 2 枚の MEMS ティルトミラーアレイ 52A、52B からなり、1 枚目のティルトミラーアレイ 52A により入力コリメータアレイ 51A からの入力光の角度を変えることで光路が切り換えられ、2 枚目のティルトミラーアレイ 52B によりビームの角度が戻されることで、光路の切り換えられた光が出力コリメータアレイ 51B に入射される。

【0005】ところで、上記のような従来のティルトミラーを用いた光スイッチについては、入出力コリメータ51A、51Bやティルトミラーアレイ52A、52Bの実装に高精度が要求されるという課題があった。このような課題に対処するための技術としては、例えば図15の斜視図および図16の上面図に示すように、入力光をミラー53で折り返し、入力側と出力側とを一体化したコリメータアレイ51およびティルトミラーアレイ52を用いることで、部材および調整部分の削減を図った構成などが提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述の図15および図16に示したような折り返しミラー53を用いた構成の光スイッチは、ティルトミラーアレイ52の入力部および出力部が同一平面上に配置されるため、前述の図13および図14に示したような構成の場合に比べて、例えば入力ティルトミラーの振角を同様に設定したとき、スイッチ内におけるビームの空間伝搬距離（光路長）が2倍程度に長くなってしまう。このため、光スイッチが大型化してしまうという欠点があった。光路長を短くするためには、例えば入力ティルトミラーの振角を大きくすればよいが、ティルトミラーの制御可能な振角の範囲には限界があり、また、振角の大きなティルトミラーは構造上サイズが大きくなってしまったため、光スイッチ全体の小型化を図ることは難しかった。

【0007】本発明は上記の点に着目してなされたもので、構成の簡略化により光学部品の容易な実装を可能にし、かつ、光ビームの短い空間伝搬距離を実現したティルトミラーを用いた光スイッチを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明のティルトミラーを用いた光スイッチは、複数の入力コリメータを配列した入力部および複数の出力コリメータを配列した出力部が同一平面内に並べて形成されたコリメータアレイと、反射面の角度が制御可能な複数の入力ティルトミラーを配列した入力部および反射面の角度が制御可能な複数の出力ティルトミラーを配列した出力部が同一平面内に並べて形成されたティルトミラーアレイと、入射光の光路を所定方向にシフトし、かつ、折り返して出射するシフト型折り返しミラーと、を備え、コリメータアレイの各入力コリメータから出射された光が、ティルトミラーアレイの対応する入力ティルトミラーで反射され光路が切り換えられてシフト型折り返しミラーに送られ、該シフト型折り返しミラーでシフトされ折り返された光が、ティルトミラーアレイの対応する出力ティルトミラーで反射されて、コリメータアレイの各出力コリメータからそれぞれ出力される構成としたものである。

【0009】かかる構成では、ティルトミラーアレイの入力部で反射された光の伝搬方向を、シフト型折り返しミラーによりシフトして折り返した後に、ティルトミラーアレイ2の出力部に送るようにしたことで、スイッチ内における光の空間伝搬距離を長くすることなく、コリメータアレイおよびティルトミラーアレイの入出力部を一体化した構成を実現できるようになる。これにより、光学部品の実装が容易で小型のティルトミラーを用いた光スイッチを提供することが可能になり、また、光学部品の数が削減されることで温度変動や振動等の外乱に対する安定性の向上を図ることもできるようになる。

【0010】また、上記ティルトミラーを用いた光スイッチの具体的な構成として、ティルトミラーアレイは、入力ティルトミラーおよび出力ティルトミラーの各反射面が配列される平面の法線方向と、コリメータアレイの入力部から出射される光の伝搬方向とが非平行となるように配置されるようにする。特に、法線方向とコリメータアレイからの光の伝搬方向とのなす角度が略 45° となるようにティルトミラーアレイを配置するのが好ましい。このように配置することで、各ティルトミラーの振角に対するティルトミラーアレイの入力部および出力部間の距離を最も短くすることが可能になる。

【0011】さらに、上記のティルトミラーを用いた光スイッチは、コリメータアレイの入力部および出力部が並ぶ方向、ティルトミラーアレイの入力部および出力部が並ぶ方向、並びに、シフト型折り返しミラーの光路のシフト方向が、それぞれ、ティルトミラーアレイについての法線方向とコリメータアレイの入力部から出射される光の伝搬方向とを含んだ基準平面に対して平行になるようにしてもよい。或いは、基準平面に対して各方向が垂直になるようにしてもよく、この場合には、スイッチ内における光の空間伝搬距離をより短くすることができるようになる。

【0012】加えて、前述した光スイッチについては、各入力ティルトミラーおよび各出力ティルトミラーが、マイクロマシン技術を応用して作製したマイクロティルトミラーであることが望ましい。このようなマイクロティルトミラーを用いることにより、光スイッチの更なる小型化および多チャンネル化を図ることが可能になる。

【0013】また、上述したティルトミラーを用いた光スイッチについて、シフト型折り返しミラーの具体的な構成としては、ティルトミラーアレイの入力部からの光を反射して光路をシフトさせる第1反射面と、該第1反射面からの光を反射してティルトミラーアレイの出力部に折り返す第2反射面と、を有するようにしてもよい。さらに、第1反射面と第2反射面のなす角度は略 90° に設定するのが好ましい。このように設定することで、入射光の伝搬方向に平行な方向に光ビームが折り返されるようになるため、光学系の設計を容易に行うことが可能になる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基いて説明する。図1は、本発明のティルトミラーを用いた光スイッチの第1の基本構成を示す斜視図である。また、図2は、図1の光スイッチの上面図である。図1および図2において、本光スイッチは、入力部1Aおよび出力部1Bを同一平面上に並べて形成した入出力一体型のコリメータアレイ1と、入力部2Aおよび出力部2Bを同一平面上に並べて形成した入出力一体型のティルトミラーアレイ2と、入射光の光路を所定の方にシフトし、かつ、折り返して出射するシフト型折り返しミラー3と、からなる第1の基本構成を有する。

【0015】コリメータアレイ1の入力部1Aは、複数の入力コリメータ（図1で白抜き丸印）が2次元に配列されている。また、コリメータアレイ1の出力部1Bにも、複数の出力コリメータ（図1で斜線付き丸印）が2次元に配列されている。このコリメータアレイ1の入力部1Aには、図2に示すように、各入力コリメータに対応させて複数の光ファイバを2次元に配列した入力光ファイバアレイ10Aが接続され、各入力光ファイバから出射された光が各々のコリメータを通過して平行光となりティルトミラーアレイ2の入力部2Aに向けて送られる。また、コリメータアレイ1の出力部1Bにも、各出力コリメータに対応させて複数の光ファイバを2次元に配列した出力光ファイバアレイ10Bが接続され、ティルトミラーアレイ2の出力部2Bで反射された光が、各コリメータを通過して各々の出力光ファイバに結合される。なお、ここでは、入力コリメータおよび出力コリメータをそれぞれ横4×縦4に配列する一例を示したが、本発明における入出力コリメータの配列はこれに限定されるものではない。

【0016】ティルトミラーアレイ2の入力部2Aは、コリメータアレイ1の各入力コリメータにそれぞれ対応した複数の入力ティルトミラー（図1で白抜き丸印）が2次元に配列されている。また、ティルトミラーアレイ2の出力部2Bにも、コリメータアレイ1の各出力コリメータにそれぞれ対応した複数の出力ティルトミラー（図1で斜線付き丸印）が2次元に配列されている。

【0017】このティルトミラーアレイ2は、各ティルトミラーの鏡面が配列された一方の平面の法線方向 n と、コリメータアレイ1から送られてくる入力光の伝搬方向（光軸方向） a とが非平行となるように配置される。具体的には、ティルトミラーアレイ2の法線方向 n と入力光の伝搬方向 a とのなす角度 θ （図2の右下を参照）が略45°になるように設定するのが好ましい。角度 θ を略45°に設定することで、各ティルトミラーの振角に対する入力部2Aおよび出力部2B間の距離をも短くすることが可能になる。

【0018】図1の構成例におけるティルトミラーアレイ2の配置は、入力部2Aおよび出力部2Bの並ぶ方向

b_2 が、上記ティルトミラーアレイ2の法線方向 n および入力光の伝搬方向 a を含む基準平面（以下、 $n-a$ 平面とする）に対して平行となるように設定されている。なお、コリメータアレイ1の配置についても、入力部1Aおよび出力部1Bの並ぶ方向 b_1 が $n-a$ 平面に対して平行となるようにされる。

【0019】入力側および出力側の各ティルトミラーとしては、例えば、マイクロマシン（MEMS）技術を応用して作製した公知のマイクロティルトミラーを用いることが可能である。MEMSによるマイクロティルトミラーは、トーションバーにより支持され上面にミラーが形成された可動板をシリコン基板に一体に設け、該可動板を電磁力によりトーションバーを軸にして回転させることでミラーの振角を可変制御するものである。具体的には、例えば、U. S. Patent Number: 6, 044, 705号明細書に記載された技術などを利用することができる。

【0020】シフト型折り返しミラー3は、ティルトミラーアレイ2の入力部2Aから送られる光を所要の方向にシフトさせながら折り返してティルトミラーアレイ2の出力部2Bに送るものである。このシフト型折り返しミラー3は、図1の構成例では、光ビームのシフト方向 b_3 が $n-a$ 平面に対して平行となるように配置される。シフト型折り返しミラー3の具体例としては、図3に示すように所要の2面に反射コーティングRを施した三角プリズム3Aや、図4に示すようにV字谷ミラー3Bなどを用いることが可能である。シフト型折り返しミラー3の2つの反射面のなす角度 α （以下、頂角 α とする）は、ティルトミラーアレイ2の構成および配置に応じて任意に設定することが可能である。図3（A）および図4（A）には、頂角 α を鈍角に設定した場合の光路を示し、図3（B）および図4（B）には、頂角 α を90°に設定した場合の光路を示し、図3（C）および図4（C）には、頂角 α を鋭角に設定した場合の光路を示しておく。

【0021】次に、上記のような第1の基本構成を備えた光スイッチの動作について説明する。ここでは、例えば図1に示すように、コリメータアレイ1の入力部1Aにおいて上から1段目および左から1列目に位置するコリメータに入力される光を、コリメータアレイ1の出力部1Bにおいて上から2段目および右から2列目に位置するコリメータを介して出力する場合を考える。なお、以下の説明では、コリメータアレイ1の入力部1Aについて上から i 段目および左から j 列目に位置するコリメータを $1a_{i-j}$ で表し、コリメータアレイ1の出力部1Aについて上から i 段目および右から k 列目に位置するコリメータを $1b_{i-k}$ で表すことにする。また、ティルトミラーアレイ2の入力部2Aおよび出力部2Bについても、コリメータアレイ1の場合と同様にして、入力ティルトミラーを $2a_{i-j}$ で表し、出力ティルトミラーを $2b_{i-k}$ で表すことにする。

【0022】本光スイッチでは、入力光ファイバアレイ 10A から出射された光が、コリメータアレイ 1 の入力コリメータ 1 a₁₋₁ を通ってティルトミラーアレイ 2 の入力部 2A に入射し、該入力部 2A に配置された対応する入力ティルトミラー 2 a₁₋₁ で反射されることにより伝搬方向が切り換えられてシフト型折り返しミラー 3 に送られる。そして、シフト型折り返しミラー 3 に入射した光は、所要の頂角 α をなす 2 つの反射面で反射されることにより伝搬方向がシフトされながら折り返されティルトミラーアレイ 2 の出力ティルトミラー 2 b₂₋₂ に送られる。なお、ティルトミラー 2 a₁₋₁、2 b₂₋₂ の各反射面の振角は、入力コリメータ 1 a₁₋₁ および出力コリメータ 1 b₂₋₂ の各位置に応じた角度にそれぞれ制御されているものとする。

【0023】ここで、シフト型折り返しミラー 3 における光の折り返し動作について、前述の図 3 および図 4 を参照しながら具体的に説明しておく。ティルトミラーアレイ 2 の入力部 2A からの入射光は、反射コーティング R が施された 2 つの面のうちの入力側反射面（各図において下方に位置する斜面）で反射され、シフト方向 b₂ に伝搬して出力側反射面（各図において上方に位置する斜面）に送られる。出力側反射面で反射された光は、シフト型折り返しミラー 3 に入射してきた位置とは異なる位置から出射され、ティルトミラーアレイ 2 の出力部 2B に向けて送られる。このようにシフト型折り返しミラー 3 を用いることで、入射光をシフトしながら折り返すことが可能になる。特に、図 3 (B) および図 4 (B) に示したように、入力側反射面および出力側反射面のなす角度 α を略 90° に設定した場合には、入射光の伝搬方向に平行な方向に光ビームが折り返されるようになるため、光学系の設計を容易に行うことが可能になる。

【0024】シフト型折り返しミラー 3 からティルトミラーアレイ 2 に送られた光は、出力ティルトミラー 2 a₂₋₂ で反射されることにより光ビームの角度がコリメータアレイ 1 および出力光ファイバアレイ 10B の光軸方向に調整され、出力コリメータ 1 b₂₋₂ を介して出力光ファイバアレイ 10B に入射される。このように本光スイッチは、ティルトミラーアレイ 2 の入力部 2A で反射された光の伝搬方向を、シフト型折り返しミラー 3 によりシフトして折り返した後に、ティルトミラーアレイ 2 の出力部 2B に送るようにしたことで、入出力一体型のコリメータアレイ 1 およびティルトミラーアレイ 2 を適用しても、前述の図 13 および図 14 に示した従来の入力部および出力部を個別に設けている場合と同等の幾何学的構造とすることが可能になる。

【0025】すなわち、図 5 の概念図に示すように、ティルトミラーアレイ 2 の入力部 2A に対する出力部 2B の位置を考えると、前述の図 13 および図 14 に示した構成の場合には、出力部が P1 の位置に配置されることになり、また、前述の図 15 および図 16 に示した折り

返し構成の場合には、出力部が P2 に相当する位置に配置されることになる。これに対して図 1 および図 2 に示した本発明にかかる構成の場合には、出力部が P1 と同等の P3 に相当する位置に配置されることになる。なお、折り返し構造における出力部 2B の位置 P2、P3 は、折り返し面に相当する位置を基準に実際の出力部を射影した位置を示している。このように、シフト型折り返しミラー 3 を用いたことで、光ビームの空間伝搬距離を長くすることなく、コリメータアレイおよびティルトミラーアレイの入出力部を一体化した構成を実現することができる。これにより、光学部品の実装が容易で小型の光スイッチを提供することが可能になる。もちろん、図 13 および図 14 に示した構成に比べて光学部品の数が削減されるため、温度変動や振動等の外乱に対する安定性の向上を図ることも可能である。

【0026】次に、本発明のティルトミラーを用いた光スイッチの第 2 の基本構成について説明する。図 6 は、本発明による光スイッチの第 2 の基本構成を示す斜視図である。また、図 7 は、図 6 の光スイッチのティルトミラーアレイ 2 およびシフト型折り返しミラー 3 を X 方向から見た平面図である。さらに、図 8 は、図 6 の光スイッチを Y 方向から見た平面図である。

【0027】図 6～図 8 において、本光スイッチの第 2 の基本構成が上述した第 1 の基本構成と異なる点は、コリメータアレイ 1 に対するティルトミラーアレイ 2 およびシフト型折り返しミラー 3 の配置を変更した点である。なお、コリメータアレイ 1、ティルトミラーアレイ 2 およびシフト型折り返しミラー 3 の各構成は、第 1 の基本構成の場合と同様である。

【0028】具体的には、ティルトミラーアレイ 2 については、各ティルトミラーが配列された一方の平面の法線方向 n が、コリメータアレイ 1 から送られてくる入力光の伝搬方向 a と非平行となるように配置されるとともに、入力部 2A および出力部 2B の並ぶ方向 b₂ が、n - a 平面（上記の法線方向 n および入力光の伝搬方向 a を含む平面）に対して垂直となるように配置される。なお、コリメータアレイ 1 の入力部 2A および出力部 2B が並ぶ方向 b₂ も、n - a 平面に対して垂直となるように配置される。ここでも、ティルトミラーアレイ 2 の法線方向 n と入力光の伝搬方向 a とのなす角度 θ （図 8 の右下を参照）を略 45° に設定するのが好ましく、これにより各ティルトミラーの振角に対する入力部 2A および出力部 2B 間の距離を最も短くすることが可能になる。また、シフト型折り返しミラー 3 については、光ビームのシフト方向 b₃ が n - a 平面に対して垂直となるように配置される。

【0029】上記のような第 2 の基本構成を備えた光スイッチでは、光ビームの空間伝搬距離を第 1 の基本構成の場合に比べてさらに短くすることが可能になる。すなわち、第 1 の基本構成においては、コリメータアレイ 1

に対してティルトミラーアレイ2を傾ける方向とシフト型折り返しミラー3における光ビームのシフト方向とが同一の平面内にあるため(図2参照)、ティルトミラーアレイ2を入力部2Aおよび出力部2Bが並ぶ方向b2に傾ける必要がある。図1および図2の構成例では、コリメータアレイ1に対してティルトミラーアレイ2の出力部2Bが入力部2Aよりも遠くに位置するように傾けている。このため、ティルトミラーアレイ2の傾きが大きくなるほど、ティルトミラーアレイ2の出力部2Bからコリメータアレイ1の出力部までの距離が長くなり、スイッチ内における光の空間伝搬距離も長くなってしまふ。これに対して、第2の基本構成においては、コリメータアレイ1に対してティルトミラーアレイ2を傾ける方向とシフト型折り返しミラー3における光ビームのシフト方向b3とが垂直になるため(図8参照)、ティルトミラーアレイ2を方向b2とは垂直な方向に傾ければよい。したがって、ティルトミラーアレイ2の傾きが大きくなっても、コリメータアレイ1およびティルトミラーアレイ2間の距離は殆ど変化しないため、スイッチ内における光の空間伝搬距離を最も短くすることが可能である。

【0030】図9は、上記の内容を模式的に示したものであって、(A)が第1の基本構成に対応し、(B)が第2の基本構成に対応する。図9に示すように、第2の基本構成では、第1の基本構成に比べて空間伝搬距離が $\Delta 1 + \Delta 2$ だけ短くなることが分かる。次に、上述した第1、2の基本構成を適用した光スイッチの具体的な実施形態について説明する。

【0031】図10は、第1の基本構成を適用した光スイッチにかかる実施形態の構成例を示す斜視図である。図10の構成例では、入出力部を一体化したコリメータアレイ1およびティルトミラーアレイ2並びにシフト型折り返しミラー3がケース4の同一平面上に載置され、さらに、複数の入力光ファイバおよび出力光ファイバを一体化した光ファイバアレイ10がコリメータアレイ1に取り付けられる。このような構成の光スイッチでは、16チャンネルの光クロスコネクタに対応可能である。

【0032】図11は、第2の基本構成を適用した光スイッチにかかる実施形態の構成例を示す斜視図である。図11の構成例では、入出力部を一体化したコリメータアレイ1およびティルトミラーアレイ2がケース4の第1の平面4A上に載置され、また、シフト型折り返しミラー3がケース4の第1の平面4Aに垂直な第2の平面4B上に載置され、さらに、光ファイバアレイ10がコリメータアレイ1に取り付けられる。

【0033】図12は、前述の図10に示した光スイッチの応用例を示す斜視図である。図12の応用例では、光ファイバアレイ10に入出力される光を監視するモニタ系5が、コリメータアレイ1および光ファイバアレイ10の間に設けられる。このモニタ系5は、例えば、コ

リメータアレイ1の出力部1Bから出力光ファイバに送られる光の一部を分岐し、該分岐光のパワー等を測定することで、本スイッチ内における光路の切り換えが正常に行われているか否かを監視または制御するためなどに使用される。なお、ここではコリメータアレイ1および光ファイバアレイ10の間にモニタ系5を設けるようにしたが、モニタ系5の配置は上記に限定されるものではなく、コリメータアレイ1とティルトミラーアレイ2の間などに配置してもよい。

【0034】(付記1) 複数の入力コリメータを配列した入力部および複数の出力コリメータを配列した出力部が同一平面内に並べて形成されたコリメータアレイと、反射面の角度が制御可能な複数の入力ティルトミラーを配列した入力部および反射面の角度が制御可能な複数の出力ティルトミラーを配列した出力部が同一平面内に並べて形成されたティルトミラーアレイと、入射光の光路を所定の方向にシフトし、かつ、折り返して出射するシフト型折り返しミラーと、を備え、前記コリメータアレイの各入力コリメータから出射された光が、前記ティルトミラーアレイの対応する入力ティルトミラーで反射され光路が切り換えられて前記シフト型折り返しミラーに送られ、該シフト型折り返しミラーでシフトされ折り返された光が、前記ティルトミラーアレイの対応する出力ティルトミラーで反射されて、前記コリメータアレイの各出力コリメータからそれぞれ出力される構成としたことを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0035】(付記2) 付記1に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、前記ティルトミラーアレイは、前記入力ティルトミラーおよび前記出力ティルトミラーの各反射面が配列される平面の法線方向と、前記コリメータアレイの入力部から出射される光の伝搬方向とが非平行となるように配置されることを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0036】(付記3) 付記2に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、前記ティルトミラーアレイは、前記法線方向と前記コリメータアレイからの光の伝搬方向とのなす角度が略 45° となるように配置されることを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0037】(付記4) 付記2に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、前記コリメータアレイは、前記ティルトミラーアレイについての法線方向と前記コリメータアレイの入力部から出射される光の伝搬方向とを含んだ基準平面に対して、入力部および出力部が並ぶ方向が平行になるように配置され、前記ティルトミラーアレイは、前記基準平面に対して、入力部および出力部が並ぶ方向が平行になるように配置され、前記シフト型折り返しミラーは、前記基準平面に対して、光路のシフト方向が平行になるように配置されることを特徴と

するティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0038】（付記5） 付記2に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、前記コリメータアレイは、前記ティルトミラーアレイについての法線方向と前記コリメータアレイの入力部から出射される光の伝搬方向とを含んだ基準平面に対して、入力部および出力部が並ぶ方向が垂直になるように配置され、前記ティルトミラーアレイは、前記基準平面に対して、入力部および出力部が並ぶ方向が垂直になるように配置され、前記シフト型折り返しミラーは、前記基準平面に対して、光路のシフト方向が垂直になるように配置されることを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0039】（付記6） 付記1に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、前記各入力ティルトミラーおよび前記各出力ティルトミラーが、マイクロマシン技術を応用して作製したマイクロティルトミラーであることを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0040】（付記7） 付記1に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、前記シフト型折り返しミラーは、前記ティルトミラーアレイの入力部からの光を反射して光路をシフトさせる第1反射面と、該第1反射面からの光を反射して前記ティルトミラーアレイの出力部に折り返す第2反射面と、を有することを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0041】（付記8） 付記7に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、前記シフト型折り返しミラーは、前記第1反射面と前記第2反射面のなす角度を略 90° に設定したことを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0042】（付記9） 付記7に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、前記シフト型折り返しミラーは、光の入出射面を除く2つの面をミラーとした三角プリズムを用いたことを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0043】（付記10） 付記7に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、前記シフト型折り返しミラーは、2つの斜面を反射面とするV字谷構造のミラーを用いたことを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0044】（付記11） 付記1に記載のティルトミラーを用いた光スイッチであって、スイッチ内部における光の伝搬状態を監視するモニタ系を備えたことを特徴とするティルトミラーを用いた光スイッチ。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように本発明にかかるティルトミラーを用いた光スイッチによれば、ティルトミラーアレイの入力部で反射された光を、シフト型折り返しミラーを用いてシフトしながら折り返してティルトミラーアレイの出力部に送るようにしたことで、光の空間伝

搬距離を長くすることなく、コリメータアレイおよびティルトミラーアレイの入出力部を一体化した構成を実現できるため、光学部品の実装が容易で小型の光スイッチを提供することが可能になり、また、温度変動や振動等の外乱に対する安定性の向上を図ることもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるティルトミラーを用いた光スイッチの第1の基本構成を示す斜視図である。

【図2】図1の光スイッチの上面図である。

【図3】本発明のティルトミラーを用いた光スイッチでシフト型折り返しミラーとして用いられる三角プリズムを示す図であって、(A)は頂角 $\alpha > 90^\circ$ の場合、(B)は頂角 $\alpha = 90^\circ$ の場合、(C)は頂角 $\alpha < 90^\circ$ の場合を表した図である。

【図4】本発明のティルトミラーを用いた光スイッチでシフト型折り返しミラーとして用いられるV字谷ミラーを示す図であって、(A)は頂角 $\alpha > 90^\circ$ の場合、(B)は頂角 $\alpha = 90^\circ$ の場合、(C)は頂角 $\alpha < 90^\circ$ の場合を表した図である。

【図5】本発明によるティルトミラーを用いた光スイッチの幾何学的構造を説明する概念図である。

【図6】本発明によるティルトミラーを用いた光スイッチの第2の基本構成を示す斜視図である。

【図7】図6の光スイッチのティルトミラーアレイおよびシフト型折り返しミラーをX方向から見た平面図である。

【図8】図6の光スイッチをY方向から見た平面図である。

【図9】本発明によるティルトミラーを用いた光スイッチの第1および第2の基本構成における空間伝搬距離を比較した模式図である。

【図10】本発明の第1の基本構成を適用した光スイッチにかかる実施形態の構成例を示す斜視図である。

【図11】本発明の第2の基本構成を適用した光スイッチにかかる実施形態の構成例を示す斜視図である。

【図12】図10に示した光スイッチの応用例を示す斜視図である。

【図13】従来のティルトミラーを用いた光スイッチの基本構成を示す斜視図である。

【図14】図13の従来の光スイッチの上面図である。

【図15】従来の折り返し型光スイッチの基本構成を示す斜視図である。

【図16】図15の従来の折り返し型光スイッチの上面図である。

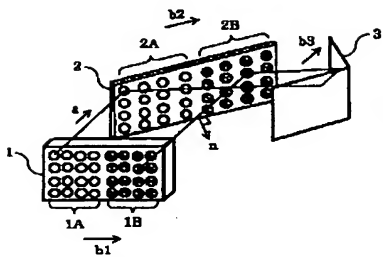
【符号の説明】

- 1 コリメータアレイ
- 2 ティルトミラーアレイ
- 1A, 2A 入力部
- 1B, 2B 出力部
- 3 シフト型折り返しミラー

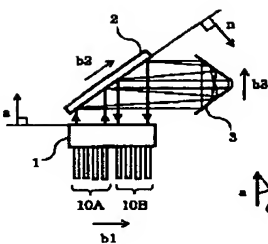
3A 三角プリズム
3B V字谷ミラー
4 ケース

5 モニタ系
10 光ファイバアレイ

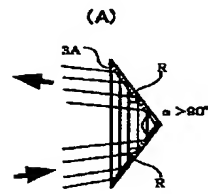
【図1】



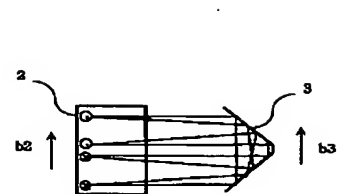
【図2】



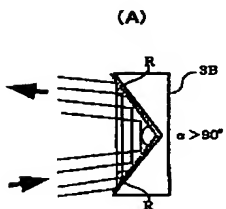
【図3】



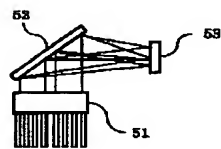
【図7】



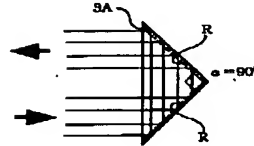
【図4】



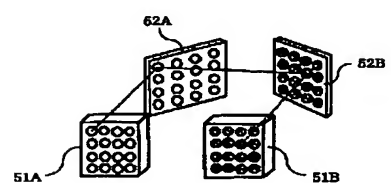
【図16】



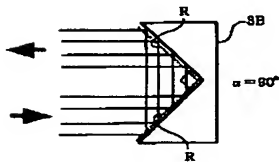
(B)



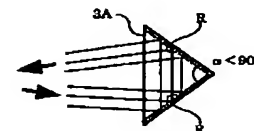
【図13】



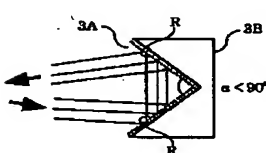
(B)



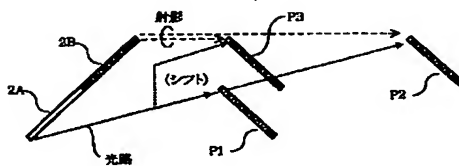
(C)



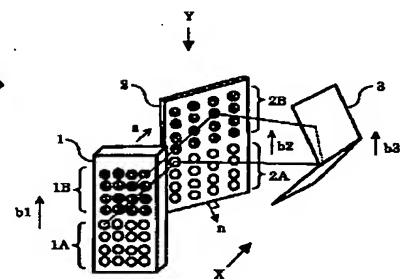
(C)



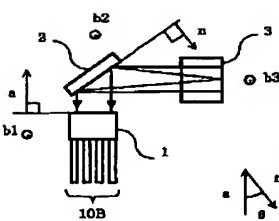
【図5】



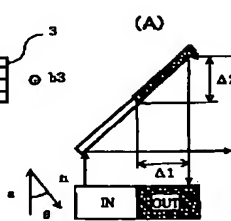
【図6】



【図8】

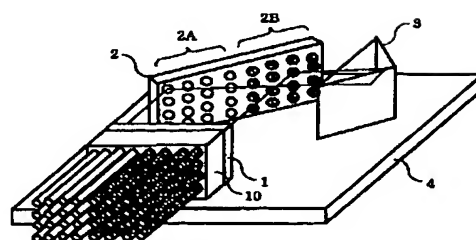


【図9】



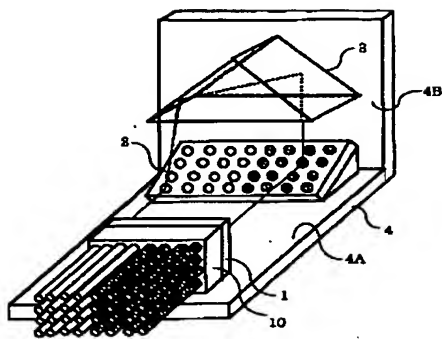
【図10】

(B)

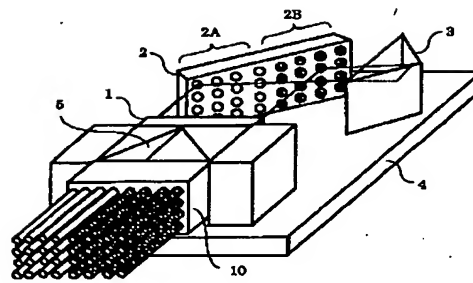


BEST AVAILABLE COPY

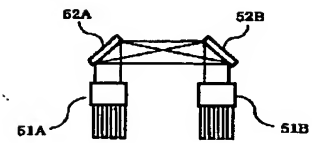
【図 11】



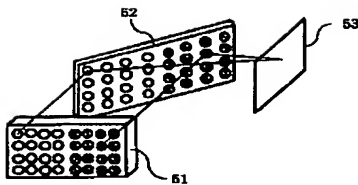
【図 12】



【図 14】



【図 15】



フロントページの続き

(72) 発明者 森 和行
神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内

(72) 発明者 枋尾 祐治
神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内

(72) 発明者 田中 一弘
神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番
1 号 富士通株式会社内

F ターム (参考) 2H041 AA16 AB14 AB15 AC04

小型・組立簡易 3次元 MEMS 光スイッチファブリックの開発 3D-MEMS Optical Switch Fabric Suitable for Size Reduction and Simple Alignment

竹内 真一 Shinichi Takeuchi 山端 徹次 Tetsuji Yamabana 赤司 保 Tamotsu Akashi 森 和行 Kazuyuki Mori 山本 毅 Tsuyoshi Yamamoto 成田 清美 Kiyomi Narita

上田 知史 Satoshi Ueda 後藤 正見 Masami Goto

(株)富士通研究所
Fujitsu Laboratories Ltd.

1 まえがき

インターネットの爆発的な普及により、光ファイバネットワークのトラフィックは増大してきている。これを背景に、データを効率的にルーティングする OXC (Optical Cross connect) 装置が不可欠となっている。そのキーデバイスである大規模光スイッチとして、立体的な光信号切り替えが可能で、MEMS (Micro Electro Mechanical System) ミラーを用いた光スイッチが有望であり、研究開発が活発化している。その開発に際し、重要な課題である小型・温度安定性・組立の簡易性を解決するために、今回独自の折り返し構造をもつ MEMS 光スイッチファブリックを開発した。

2 光スイッチファブリック構成

前述の課題の小型・安定性・簡易組立には、ファイバアレイ、MEMS ミラーアレイの各々について、入出力を一体化する構成が有効である。しかし、その構成には、光路長が増加するというデメリットがあり、その解決のため、ルーフトップ型ミラーによる折り返し構造を開発した(図1)。ビームをシフトさせながら折り返すことで、MEMS ミラー振り角を変えずに平面ミラー構造よりも光路長の短縮ができる(図2)。さらに、入出力の一体化により、入出力レンズアレイの調整のみによる組立が可能となり、組立の簡易化を図った。

3 試作結果

本構造を適用した光スイッチファブリックを試作・評価し、その効果を確認した。MEMS ミラーアレイは、低電圧駆動の楕円型 MEMS を使用した[2]。その結果、80×80ch の大規模光スイッチのファブリックを 87×77×53mm と小型に実現できた(図3)。また、組立時間を従来比で 1/4 にでき、組立の簡易化手法の効果を確認できた。損失 5dB (コネクタ損含む: MPQ ×2)、10~70℃における温度変動 0.3dB 以下と良好な特性を得た。

4 まとめ

ルーフトップ型の折り返し構造からなる3次元 MEMS 光スイッチファブリック (80×80) を試作した。その結果、低損失かつ温度安定性にすぐれていることを確認するとともに、本構造が小型化ならびに組立簡易化に有効なことを実証した。

謝辞

日頃ご指導いただく当研究所持田常務、津田取締役、今井所長、矢野プロジェクト部長に感謝いたします。

参考文献

- [1] Akashi et al., "Low-Loss 80x80 3D-MEMS optical switch module fabricated with a simple alignment technique," PS, WeA2, PS2002.
- [2] 壺井他, 本大会発表予定

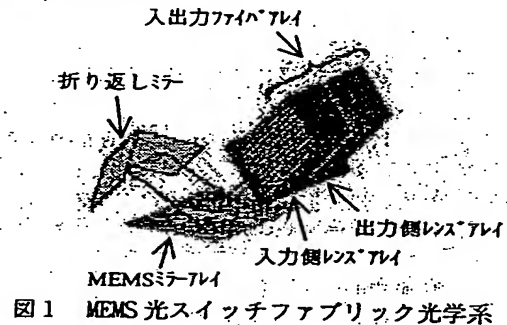


図1 MEMS 光スイッチファブリック光学系

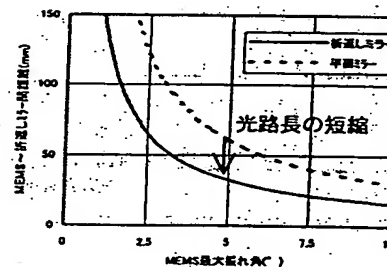


図2 光路長とミラー最大振り角

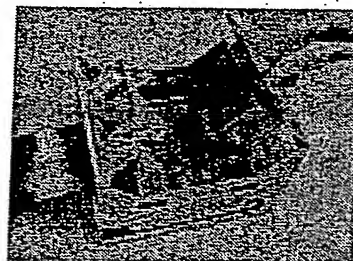


図3 試作光スイッチファブリック
(80×80ch : 87×77×53mm)

BEST AVAILABLE COPY